

Rancang Bangun Sistem Kontrol *Level* dan *Pressure* *Steam Generator* pada Simulator *Mixing Process* di Workshop Instrumentasi

Eko Lutfi Ghozali, Fitri Adi Iskandarianto, Mochamad Ilyas Hs
Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: fiskandarianto@ep.its.ac.id

Abstrak— Pencampuran bahan merupakan salah satu proses penting dalam industri. Jika dalam industri proses memiliki sistem *mixing process* yang tidak sempurna, maka produk yang dihasilkan juga tidak akan sempurna. Di workshop instrumentasi sendiri belum ada *plant mixing process*, untuk itu maka pada tugas akhir ini dibuatlah simulator *mixing process*. Pada judul tugas ini dikhususkan pada pembuatan bagian *steam generator*. *Steam generator* yang akan dibuat memiliki dua pengendalian, yaitu pengendalian *level* dan pengendalian *pressure*. Pengendalian *level* disini digunakan metode on-off, sedangkan untuk pengendalian *pressure* digunakan metode PID. Untuk pengendalian PID dilakukan 2 jenis tuning, yaitu trial error dan Ziegler Nichols. Setelah melakukan penalaan nilai K_p , T_i , dan T_d untuk sistem ditentukanlah nilai K_p sebesar 0.1, nilai T_i sebesar 2.4, dan nilai T_d sebesar 2. Penerapan metode PID pada sistem kontrol *pressure* menghasilkan respon yang cukup baik. Kriteria performansi sistem *pressure* menghasilkan maksimum overshoot 14.2% dan nilai settling time sebesar 25 detik. Selanjutnya untuk pengujian *tracking set point* didapat grafik respon yang cukup baik, itu dibuktikan dengan proses variabel yang selalu mengikuti saat *set point* diubah-ubah.

Kata Kunci— *Mixing process*, Pengendalian *level*, Pengendalian *pressure*

I. PENDAHULUAN

Saat ini sebagian besar industri dalam kegiatan produksinya tidak bisa lepas dari yang namanya *mixing process*, baik itu industri makanan. Kesempurnaan *mixing process* tersebut nantinya sedikit banyak pasti akan mempengaruhi hasil produksi, padahal kesempurnaan hasil produksi merupakan tujuan dari setiap pabrik atau industri yang ada saat ini. Kondisi saat ini masih banyak pabrik atau industri yang memiliki sistem *mixing process* yang bekerja tidak sesuai dengan harapan. Industri tersebut sering rugi karena output dari *mixing proses* sering kali tidak tercampur sempurna sehingga mempengaruhi dari kualitas produksi. Dari sana maka dipilih judul pada tugas akhir ini rancang bangun system control level dan pressure steam generator pada simulator *mixing process* di workshop instrumentasi.

Permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini adalah bagaimana cara merancang dan membangun *plant steam generator* agar tekanan yang dihasilkan sesuai dengan *set point* yang diinginkan dan bagaimana menjaga *level* dari *steam generator* sesuai dengan *set point*.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk melakukan suatu

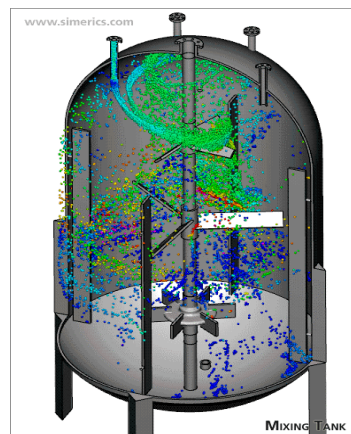
perancangan dan pembangunan simulator *mixing process* di workshop instrumentasi, khususnya bagian *plant steam generator* dengan parameter yang dikontrol adalah *level* dan *pressure*.

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah Simulator *mixing proses* dibuat di workshop instrumentasi, pengendalian yang akan digunakan untuk *level* adalah on-off dan untuk *pressure* adalah PID, Variabel yang akan dikontrol adalah *level* dan *pressure*, *Kontroller yang digunakan adalah mikrokontroller 853*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Mixing Process*

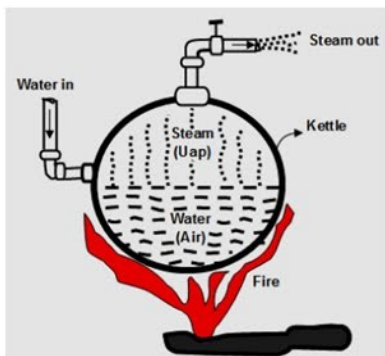
Mixing process atau proses pencampuran adalah peristiwa menyebarkan bahan-bahan secara acak, dimana bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain demikian pula sebaliknya, sedang bahan-bahan itu sebelumnya terpisah dalam keadaan dua fase atau lebih yang akhirnya membentuk hasil yang lebih seragam (homogen). Pada proses pencampuran diperlukan gaya mekanik untuk menggerakkan bahan-bahan sehingga didapat hasil yang homogen. Gaya mekanik diperoleh sebagai akibat adanya aliran bahan ataupun dihasilkan oleh alat pencampur. Beberapa peralatan yang biasa digunakan untuk mencampur zat cair dapat juga digunakan untuk mencampur zat padat atau pasta, dan demikian juga sebaliknya.^[1]



Gambar. 1. *Mixing process*

B. Steam Generator

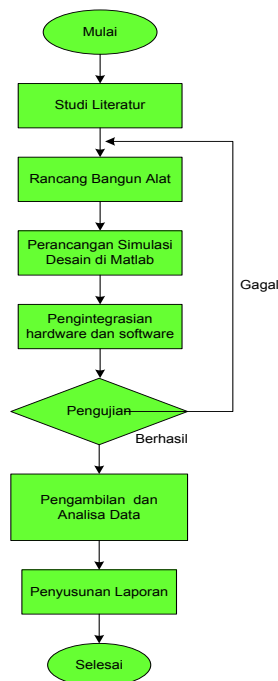
Steam generator adalah suatu pesawat yang digunakan untuk mengubah air yang ada di dalamnya menjadi uap dengan cara dipanaskan. Dengan adanya bahan perantara air tersebut, maka di dalam ketel uap harus ada ruang atau tempat air. Dalam pembakaran suatu bahan bakar perlu juga adanya udara pembakaran. Peredaran udara dibuat sedemikian rupa agar pembakaran bahan bakar dapat berlangsung dengan baik. Uap yang dibentuk di dalam ketel mempunyai tekanan yang lebih besar dari pada tekanan udara luar, maka ketel harus mampu menahan tekanan uap tersebut. Kekuatan ketel uap tergantung dari bentuk dan bahannya. Bentuk yang lebih kuat untuk menahan tekanan yang lebih besar dari dalam adalah bentuk bulat cembung dan silinder sebab dengan bentuk semacam itu sukar berubah bentuknya yang disebabkan oleh tekanan dari dalam. Bahan untuk ketel uap harus baik karena disamping harus menahan tekanan yang tinggi juga harus tahan pada suhu yang tinggi.^[2]



Gambar. 2. *Steam generator*

III. METODOLOGI PENELITIAN

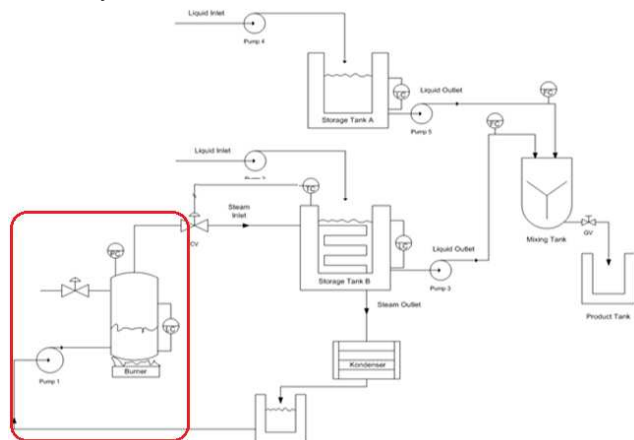
Disini akan dijabarkan langkah-langkah alur penelitian pembuatan sistem kontrol *steam generator* pada simulator *mixing process* di *workshop* instrumentasi. Berikut diagram alir penelitian:



Gambar. 3. Diagram alir penelitian tugas akhir

A. Perancangan Dan Pembuatan Mekanik Steam generator

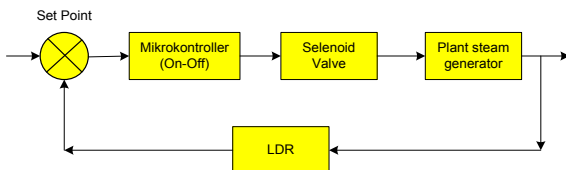
Pada gambar 4 dibawah ditunjukkan gambar keseluruhan plant *mixing process*. Pada plant tersebut terjadi proses *mixing* antara dua larutan, yang mana pada salah satu larutan sebelum masuk pada proses *mixing* akan dipanaskan terlebih dahulu. Setelah tercapai suhu yang diinginkan baru larutan tersebut masuk ke proses *mixing* dan akan diaduk sampai tercampur seluruhnya.



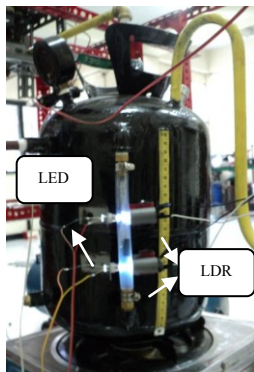
Gambar. 4. *Plant* keseluruhan *mixing process*

B. Perancangan Dan Pembuatan Sistem Pengendalian Level

Sistem pengendalian *level* ini digunakan untuk mengontrol ketinggian *level* air yang ada pada tabung *steam generator*. Ini dikarenakan jika ketinggian *level* air yang ada didalam tabung *steam generator* tidak dikontrol bisa menyebabkan tabung akan dipenuhi air dan steam yang dihasilkan tidak akan maksimal.

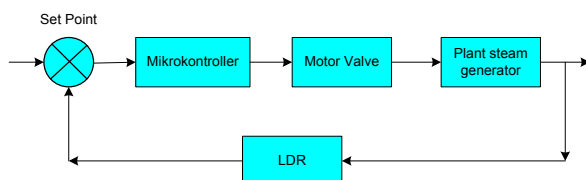
Gambar. 5. Diagram blok pengendalian *level*

Pada gambar 5 diatas menunjukkan diagram blok pengendalian *level* yang ada pada tabung *steam generator*. Sebagai kontroller dipakai mikrokontroller AVR Atmega 8535. Metode yang dipakai pada pengendalian *level* ini memakai metode on-off, sehingga didapatkan aksi dari aktuator akan membuka atau menutup penuh. Aktuator yang dipakai adalah selenoid *valve*.

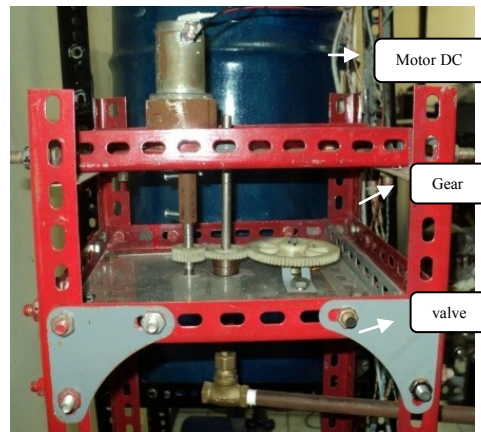
Gambar. 6. Plant pengendalian *Level*

C. Perancangan Dan Pembuatan Sistem Pengendalian *Pressure*

Sistem pengendalian *pressure* ini digunakan untuk mengontrol tekanan yang ada pada tabung *steam generator*. Ini dikarenakan jika tekanan yang ada didalam tabung *steam generator* tidak dikontrol bisa menyebabkan tabung meledak karena spesifikasi tabung *steam generator* yang hanya dapat menahan *pressure* sebesar 3bar.

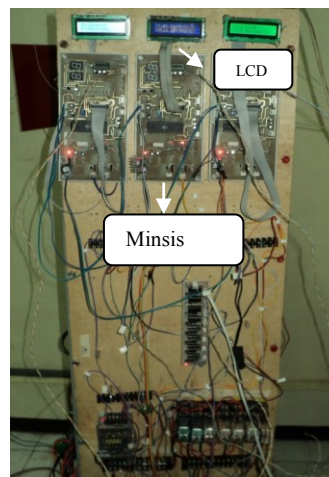
Gambar. 7. Diagram blok pengendalian *pressure*

Pada gambar 7 diatas menunjukkan diagram blok pengendalian *pressure* yang ada pada tabung *steam generator*. Sebagai kontroller dipakai mikrokontroller AVR Atmega 8535 dengan metode PID. Metode PID ini digunakan untuk mendapatkan output pada aktuator yang bersifat kontinyu. Untuk aktuator dipakai motor *valve*.

Gambar. 8. *Motor valve* (MOV)

Pada gambar 8 diatas adalah *Motor valve* (MOV). Prinsip kerja motor *valve* ini adalah memanfaatkan kran air yang akan dikopel dengan motor DC 24V dan dihubungkan dengan potensio meter melalui gear. Jadi saat motor dan kran air berputar, maka otomatis potensiometer juga akan berputar. Potensio meter ini digunakan untuk mengukur besar kecilnya tegangan saat kran air membuka dan menutup.

D. Perancangan Dan Pembuatan Sistem Elektrik *Steam generator*

Gambar. 9. Rangkaian elektrik *steam generator*

Sistem elektrik pada plant *steam generator* ini digunakan untuk menggerakkan dan mengontrol mekanik yang telah dibuat. Sistem elektrik yang dibutuhkan untuk mengontrol plant *steam generator* ini antara lain adalah rangkaian minimum sistem mikrokontroller 8535.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

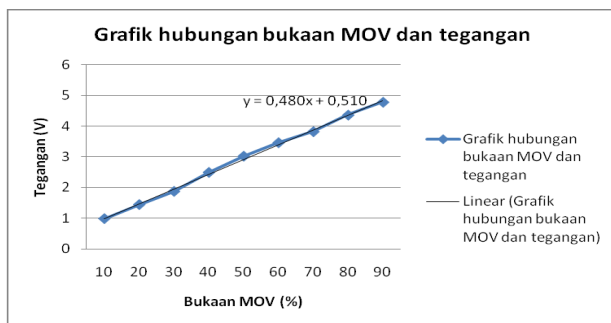
A. Data Pengujian

Pengukuran pertama yang dilakukan adalah pengukuran bukaan motor *valve* (MOV). Pada pengukuran yang pertama ini dibuat dengan cara mengukur naik dari bukaan kecil ke besar. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1.
Hasil pengukuran MOV

NO	Bukaan MOV (%)	Tegangan (V)
1	10	0,57
2	20	0,98
3	30	1,49
4	40	2,01
5	50	2,49
6	60	3,02
7	70	3,48
8	80	4,01
9	90	4,51
10	100	4,98

Dari hasil pengukuran MOV (naik) didapatkan data pada bukaan MOV 10% diperoleh tegangan sebesar 0,57 V. Sedangkan pada bukaan MOV sebesar 100% diperoleh tegangan sebesar 4,98 V. Dari tabel 4.1 dibuatlah grafik untuk mengetahui perubahan persentase bukaan *motor valve* (MOV) dengan nilai tegangan seperti tampak pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar. 10. Grafik hubungan bukaan MOV dan tegangan (naik)

Dari gambar 4.1 grafik regresi linier tersebut didapatkan persamaan $y=0,480x + 0,510$ dimana y adalah nilai tegangan yang terukur dan x adalah persentase bukaan *motor valve* (MOV)

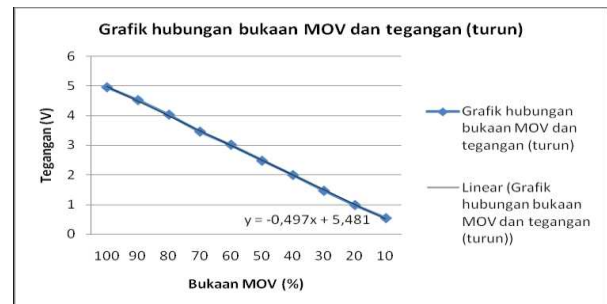
Pengukuran yang kedua adalah kebalikan dari pengukuran pertama. Pengukuran bukaan *motor valve* (MOV) ini dengan cara turun dari bukaan besar ke kecil. Data yang diperoleh dari bukaan MOV (turun) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.
Hasil pengukuran MOV (turun)

NO	Bukaan MOV (%)	Tegangan (V)
1	100	4,95
2	90	4,52
3	80	4,03
4	70	3,46
5	60	3,02
6	50	2,48
7	40	2
8	30	1,47
9	20	0,99
10	10	0,55

Dari hasil pengukuran MOV didapatkan data pada bukaan MOV 100% diperoleh tegangan sebesar 4,95 V. Sedangkan pada bukaan MOV sebesar 10% diperoleh tegangan sebesar 0,55 V. Dari tabel 4.2 dibuatlah grafik untuk mengetahui

perubahan persentase bukaan *motor valve* (MOV) dengan nilai tegangan seperti tampak pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar. 11. Grafik hubungan bukaan MOV dan tegangan (turun)

Dari gambar 4.2 grafik regresi linier tersebut didapatkan persamaan $y= -0,497x + 5,481$ dimana y adalah nilai tegangan yang terukur dan x adalah persentase bukaan *motor valve* (MOV)

Pengukuran yang ketiga adalah pengukuran pressure dan tegangan pada pressure gauge yang dikopel dengan LDR. Untuk pengukuran yang ketiga ini dibuat naik yaitu dari pressure kecil ke besar. Untuk data yang diperoleh dari pengukuran ini seperti pada tabel 3:

Tabel 3.
Hasil pengukuran pressure (naik)

NO	Pressure (Psi)	Tegangan (V)
1	0	0,58
2	2,5	0,76
3	5	0,85
4	7,5	0,94
5	10	1,05
6	12,5	1,53
7	15	2,31
8	17,5	2,95
9	20	3,38
10	22,5	3,65
11	25	3,84
12	27,5	3,95
13	30	4,03

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} = \frac{(4,03 - 0,58)V}{(30 - 0)Psi} = 115\text{mV/Psi}$$

Dari hasil pengukuran pressure diatas didapatkan data pada pressure 2,5 Psi diperoleh tegangan sebesar 0,76 V. Sedangkan pada pressure 30Psi diperoleh tegangan sebesar 4,03 V. Kemudian dari data perhitungan *sensivitas* didapatkan nilai *sensitivitas* dari sensor= 115mV/Psi. Selanjutnya dari tabel 4.3 dibuatlah grafik untuk mengetahui perbandingan pressure dengan nilai tegangan yang terukur seperti tampak pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar. 12. Grafik uji pressure dan tegangan (naik)

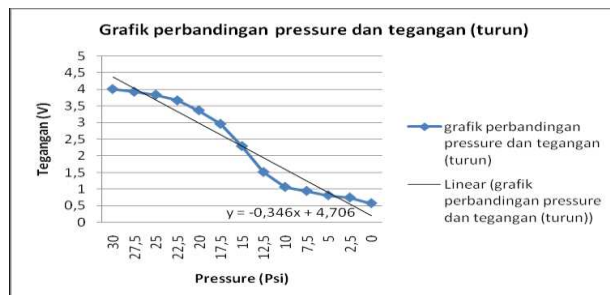
Dari gambar 12 grafik regresi linier tersebut didapatkan persamaan $y = 0,345x + 0,122$ dimana y adalah nilai tegangan yang terukur (V) dan x adalah pressure (Psi)

Pengukuran yang keempat adalah pengukuran pressure dan tegangan pada pressure gauge yang dikopel dengan LDR. Untuk pengukuran yang keempat ini dibuat turun yaitu dari pressure besar ke kecil. Untuk data yang diperoleh dari pengukuran ini seperti pada tabel 4:

Tabel 4.
Hasil pengukuran pressure turun

NO	Pressure (Psi)	Tegangan (V)
1	30	4,01
2	27,5	3,93
3	25	3,84
4	22,5	3,67
5	20	3,37
6	17,5	2,96
7	15	2,29
8	12,5	1,51
9	10	1,06
10	7,5	0,94
11	5	0,81
12	2,5	0,74
13	0	0,57

Dari hasil pengukuran pressure diatas didapatkan data pada pressure 30 Psi diperoleh tegangan sebesar 4,01 V. Sedangkan pada pressure 0 Psi diperoleh tegangan sebesar 0,57 V. Dari tabel 4 dibuatlah grafik untuk mengetahui perbandingan pressure dengan nilai tegangan yang terukur seperti tampak pada gambar 13 dibawah ini.



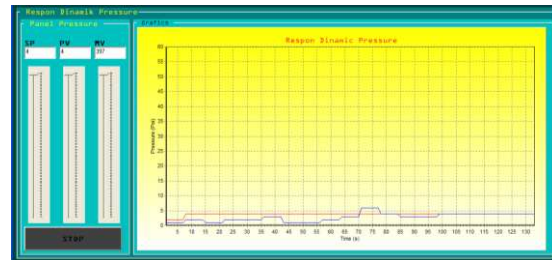
Gambar. 13. Grafik uji pressure dan tegangan (turun)

Dari gambar 13 grafik regresi linier tersebut didapatkan persamaan $y = -0,346x + 4,706$ dimana y adalah nilai tegangan yang terukur (V) dan x adalah pressure (Psi)

B Pengujian Sistem Pengendalian Pressure Dengan Visual Basic

• Pengujian pada set point 4 psi

Pengujian ini bertujuan apakah pada saat set point dibuat menjadi 4 psi, proses variabel (PV) akan mengikuti menjadi 4psi atau tidak. Respon pengujian pada set point 4 psi dapat dilihat pada gambar 14 dibawah.



Gambar. 14. Pengujian pada set point 4 psi

Pada gambar 14 menunjukkan grafik respon dari sistem pengendalian pressure dengan set point sebesar 4 psi. Dari gambar bisa dihitung maksimum overshoot sebesar 12,6 dan settling time sebesar 75s

• Pengujian tracking set point

Tracking set point ini bertujuan apakah pada saat set point diubah beberapa kali proses variabel (PV) akan tetap mengikuti atau tidak. Disini tracking set point dibuat dengan setpoint pertama kali adalah 10psi, kemudian naik menjadi 15 psi, dan selanjutnya turun menjadi 7 psi. Respon tracking set point dapat dilihat pada gambar 15 dibawah.

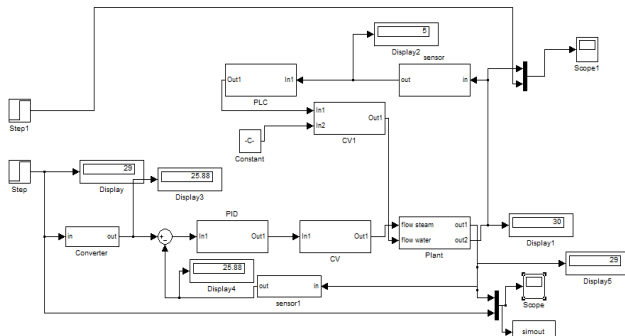


Gambar. 15. Pengujian tracking set point

Pada gambar 15 menunjukkan grafik respon dari sistem pengendalian pressure dengan pengujian tracking set point. Pada saat setpoint beberapa kali dinaikkan dan diturunkan, bisa dilihat proses variabel (PV) masih tetap mengikuti.

C Simulasi Matlab

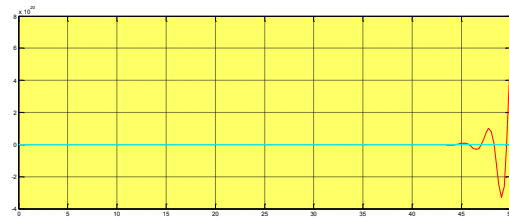
Pada tahap ini akan dirancang simulasi sistem kontrol level dan pressure steam generator pada simulator mixing process di workshop instrumentasi. Setelah simulasi dirancang maka akan dicari nilai PID yang terbaik dengan membandingkan system trial error dan Ziegler Nichols dengan metode osilasinya. Dalam simulasi ini dilakukan rangkaian pengujian yaitu pengujian sistem terhadap setpoint dan perubahan setpoint, pengujian terhadap perubahan beban. Perancangan simulasinya dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar. 16. pemodelan sistem pada matlab

• Tuning PID Ziegler Nichols

Tuning PID Ziegler Nichols adalah salah satu dari sekian banyak cara untuk melakukan tuning. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai $K_p=4,848$, $T_i=0,75$, dan $T_d=0,1875$. Setelah ditemukan nilai K_p , T_i , T_d dilakukan pengujian masukan step. Pada uji ini kondisi sistem ideal tanpa adanya gangguan diberikan masukan *step* (tangga satuan) dengan *setpoint* yang sesuai dengan kondisi operasi normal sistem yang diinginkan.

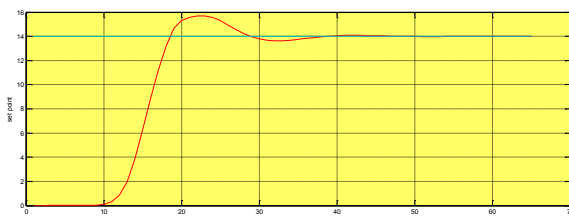


Gambar. 17. Hasil uji masukan step Ziegler Nichols

Pada gambar 17 menunjukkan hasil uji masukan step Ziegler Nichols. Hasil respon menunjukkan semakin lama respon berosilasi semakin besar. Itu diakibatkan pada *plant* yang dibuat banyak bagian yang tidak sesuai standar.

• Tuning PID Trial Error

Trial error merupakan salah satu cara untuk mencari nilai parameter PID yaitu dengan mencoba berulang kali merubah nilai-nilai parameter agar menemukan nilai yang terbaik. Cara ini biasanya digunakan sebagai alternatif terakhir apabila cara yang lain tidak dapat memenuhi target yang diinginkan. Dari metode *Trial error* ini didapatkan nilai $K_p=0,1$, $T_i=2,4$, $T_d=2$. Setelah ditemukan nilai K_p , T_i , T_d dilakukan pengujian masukan step. Pada uji ini kondisi sistem ideal tanpa adanya gangguan diberikan masukan *step* (tangga satuan) dengan *setpoint* yang sesuai dengan kondisi operasi normal sistem yang diinginkan.

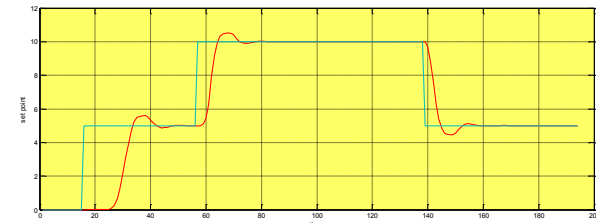


Gambar. 18. Hasil uji masukan step Trial error

Dari Gambar 18 bisa dilihat grafik respon uji masukan step *Trial error*. Nilai maksimum *overshoot* yang diperoleh adalah 14,2 % dan settling time sebesar 25s.

• Uji tracking setpoint

Uji ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan pengendali dalam mengatasi kondisi pada saat diberikan gangguan internal berupa perubahan *setpoint*.



Gambar. 19. Hasil uji tracking set point Trial error

V KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi dan analisa data pada penelitian Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan Pada sistem kontrol *pressure* metode yang digunakan adalah pengendali PID, dan dihasilkan nilai K_p sebesar 0.1, T_i sebesar 2.4, dan T_d sebesar 2. Dari pengujian *tracking set point* didapat grafik respon yang cukup baik, dibuktikan dengan proses variabel yang selalu mengikuti saat *set point* diubah-ubah. Hasil respon *real plant* terdapat banyak osilasi dikarenakan aktuator yang bekerja tidak sempurna. Penerapan metode *on-off* pada sistem kontrol level menghasilkan respon yang baik, dibuktikan dengan aktuator membuka dan menutup penuh sesuai dengan *set point*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lutfi Ghazali, Eko. 2010. Rancang bangun sistem pengendali volumetric dan suhu pada tangki pencampur larutan pencuci film berbasis mikrokontroller atmega 8535: ITS
- [2] Muamar, Awal. 2009. Perancangan Sistem Control Level Dan Pressure Pada Boiler Di Workshop Instrumentasi Berbasis DCS CENTUM CS3000 YOKOGAWA : ITS